

水素同位体機能研究センター

第1章 沿 革

昭和47(1972)年のオイルショックと当時様々な議論を呼んだ化石燃料の枯渇の危機感の中で、わが国においても国策としての新エネルギー源開発が強く求められ、文部省、通産省および科学技術庁を中心とする新しいエネルギー源の研究開発計画が策定された。この構想に基づき、文部省においては昭和50(1975)年に「科学研究費補助金・エネルギー特別研究」が発足し、ついで昭和55(1980)年にはより大型の「科学研究費補助金・核融合特別研究」が実施されることになる。この「核融合特別研究」は10年計画で、年間予算も約8億円という大型プロジェクトであった。

このプロジェクトと呼応する形で、名古屋大学プラズマ研究所の文部省直轄研究所への転換と核融合燃焼プラズマ実験が計画されつつあった。核燃焼プラズマ実験では、総量にして約1グラム(約1万Ci)のトリチウムの使用が予定されていたが、当時のわが国では、トリチウムはごく微量、それもほとんど大希釈されたトリチウム水として理学研究に用いられているのみで、気体状態のトリチウムを扱うことのできる技術と経験を有する研究者はほとんどいない状況であった。わずかに富山大学理学部竹内豊三郎教授の率いるグループがその実績を有するのみであった。

このような情勢の中で、富山大学に核融合炉燃料としてのトリチウムの安全取り扱いに関する基礎的研究を専門とする研究センターの設立が要望され、それを受けて昭和54(1979)年には本学理学部を中心とする設置準備委員会が設立された。

設置準備委員会の努力は翌年、時限10年の省令施設ではあるが、学内共同教育研究機関「トリチウム科学センター」の設置という形で実を結び、教授1、助教授1の定員が配置された。加えて旧和漢薬研究所の建屋の大々的な改修工事が予算化され、年度末には竣工した。他方、建屋改修工事と並行して行われた科学技術庁との折衝の結果、昭和56(1981)年

2月に至りトリチウム使用施設としての認可が得られた。すなわち、年間1.85TBq(50Ci)、1日185GBq(5Ci)のトリチウム使用が許可され、わが国唯一のトリチウム専門研究施設としての機能を果たすことが可能となった。さらに翌年度には新たに助手1および技官1の定員が配されると共に、設備装置類の購入費が予算化された。

以来、トリチウム実験技術の向上とトリチウムデータの取得に向けて大きな努力と研鑽が積み重ねられたが、その実績が評価されて昭和59(1984)年1月には年間使用数量18.7TBq(505Ci)、1日最大使用数量962GBq(26Ci)が、昭和62(1987)年4月には年間185TBq(5,000Ci)、1日1.33TBq(36Ci)のトリチウム使用が許可されるに至っている。この間、学内共同教育研究体制の下に理学部、工学部および教育学部との共同研究が活発に進められてきた。また「科学研究費補助金・核融合特別研究」の支援の下に他大学との共同研究も順調に進展した。

他方、昭和63年度からは平成2(1990)年3月の時限到来に向けて、将来計画策定のために運営委員会の下に将来計画専門委員会が設置され、両委員会において熱心な討議が積み上げられた。「核融合特別研究」の終了を間近に控えた当時、一方には核融合科学研究所の創設、かたや核燃焼実験計画の中止等の周辺状況の中で、文部省との折衝は困難を極めたが、学術会議核融合研究連絡委員会、核融合特別研究評価委員会、核融合科学研究所をはじめとする関連機関の学識経験者、研究者および学内外の関係者の理解、助言および指導の下に将来構想が練り直され、平成2年6月には新しい学内共同教育研究施設として「水素同位体機能研究センター」が設立されるに至った。この新体制の下、水素同位体の機能性に関する研究を、学内外との共同利用・共同研究の下に鋭意展開してきた成果が認められ、平成7年度には教授1、助教授1の増員が認められると共に、「100Ciトリチウム取扱いシステム」が設置された。

平成4(1992)年ころより、大学における教育・研究活動等に対する自己点検評価が叫ばれ始め、当センターにおいても平成5(1993)年3月には第1回目の自己点検評価報告書が公表された。その後、数回の自己点検評価がなされ、平成10(1998)年7月には、核融合科学研究所の飯吉厚夫所長を委員長とし、関連機関の研究者で構成された外部評価委員会によってこれまでの教育・研究活動に対する客観的でかつ示唆に富む評価および批判を受けた。

平成10年には外部評価の実施とともに、平成11年度概算要求として、水素同位体機能研究センターの廃止および3つの研究分野を有する新センターの設

置要望が提出された。大学関係者はもとより学外の関連機関の多くの方々の支援により、要望は認められ、平成11(1999)年4月からは「水素同位体科学研究センター」と名称を変更し、組織も大幅に拡充されて新たな設置目的の下で再出発することになった。

これまで学内の理工系研究者との共同研究を通して、学部学生の卒業論文、修士論文研究にも参画し、これまでに100名を超す学生の教育に寄与することができた。加えて平成8年度には理学研究科に、平成10年度からは新設された理工学研究科の構成員に加えられ、教育研究機関としての一層の役割を果たせる体制が整えられるに至っている。

第2章 運営機構および研究組織

第1節 運営機構

本センターの運営は、昭和55(1980)年のトリウム科学センターの発足以来、一貫して図1に見られるような組織のもとで行われてきた。センター長を委員長とする運営委員会は、本センターの最高議決機関であり、学部における教授会に相当する。審議事項は以下の通りである。

1. 管理運営の基本方針に関する事項
2. センター長および教員の人事に関する事項
3. その他センターに関する必要な事項

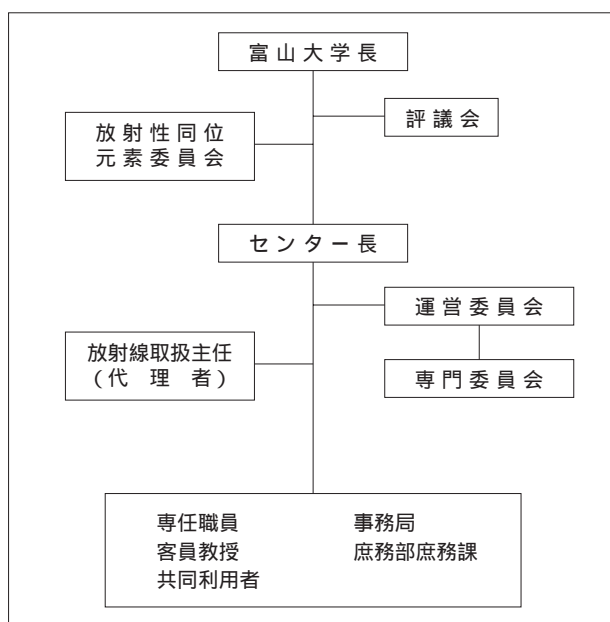
センター発足当初より、運営委員は全学の理工系教官の中から選任されており、学内共同利用施設に対する各学部等の意見が反映されるようになっている。

運営委員会の下に、センター職員および関連学部の委嘱した教官によってなる専門委員会が設置され、共同利用申請および研究報告の発行に係わる論議を行う。当専門委員会の論議内容は、運営委員会の議論を経た上で決定される。また、必要に応じて自己点検評価専門委員会、将来計画専門委員会等が設置され、それぞれの作業・論議内容は運営委員会

に報告あるいは諮られている。

また、本センターは放射性物質であるトリチウムの取り扱いが許可された施設であるため、通常の組織とは異なり、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」に基づき放射線取扱主任者およびその代理者が組織の中に加わっている。放射

図1 本センターの運営組織



線取扱主任者は、放射線障害の防止のために対策を講じる必要がある場合には、センター長に直接意見を述べることができる。

第2節 研究組織

昭和55（1980）年にトリチウム科学センターが発足した当初の専任職員は教授1名および助教授1名の2名であった。昭和56（1981）年に助手1名および技官1名の定員が配置され、専任職員の定員が4名となった。また、昭和58（1983）年には、1名客員教授1名の定員が配置された。平成2（1990）年6月に水素同位体機能研究センターが設置されたのち、平成7（1995）年に教授1名および助教授1名の定員が新たに配置され、専任職員6名（教授2名、助教授2名、助手1名、技官1名）および客員教授1名となったのに加え、平成9（1997）年には、非常勤研究員1名、研究支援推進員2名が配置された。

次いで平成11（1999）年4月に水素同位体科学研究センターが設置された際には、教授1名、助教授1名、客員教授（1種）1名および非常勤研究員1名が新たに配置され、教育・研究組織の総勢は14人となり、現在に至っている。

このような体制の下に、本センターでの研究は

- ・専任職員による独自の研究
- ・理学部、工学部および教育学部等との共同研究
- ・他大学および他研究機関との共同研究
- ・民間等との共同研究
- ・上記共同研究以外の装置類の共同利用

の5つの形態で取り組まれている。

トリチウム科学センター発足当初の昭和56年には研究課題5件、利用者数13名であったが、現在では研究課題は約30件に、利用者数は約80名に増大している。

さらに現在、他大学およびアメリカの関連研究所との共同研究が進行中であり、近い将来ドイツとの国際共同研究が実現できる見通しである。

第3章 施設および設備

第1節 施設

（1）放射線取り扱い施設

本センターはトリチウムを主に扱う放射線取り扱い施設であり、放射性同位元素の使用量の増加とともに建物、安全設備および実験設備が更新されてきた。表1に放射性同位元素の許可数量の変遷を示す。

表1 許可数量の変遷

年 月 日	核 種	年間使用数量	1日最大使用数量
昭56. 2. 21	^3H ^{14}C	1.85TBq 37MBq	185GBq 370kBq
昭59. 1. 27	^3H ^{14}C	18.7TBq 74MBq	962GBq 3.7MBq
昭62. 4. 21	^3H ^{14}C	185TBq 74MBq	1.33TBq 3.70MBq

旧センターの設置とともに承認申請の準備を開始し、昭和56（1981）年2月21日付けで放射線施設として承認された。それ以後、年間使用数量ならびに1日最大使用数量を順次増やし、現在ではトリチウムの年間使用数量ならびに1日最大使用数量はそれぞれ185TBq（5,000Ci）、1.33TBq（36Ci）となっている。

（2）建 物

本センターの建物は4階建ての部分（非管理区域）および2階建ての部分（管理区域）からなっている。これは昭和41（1966）年に旧和漢薬研究所が設置された際に建築された建物（一部は昭和48年に増築）である。この建屋はトリチウム科学センター設置時に、放射性同位元素であるトリチウムを取り扱うための大規模な改修、すなわち建物の気密性および耐

火性にかかわる改修ならびに管理区域空気調和設備、トリチウム除去設備、トリチウムモニター設備および排水設備等が新たに設置された。

共同利用者の増加に伴う居室等の不足を補うための改修が平成7(1995)年に行われ、非管理区域の3階に会議室および2階に教官室が2室もうけられた。

第2節 設 備

(1) 安全管理設備

本センターは「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」の規制を受けている。従って管理区域内で作業する教職員および学生の放射線障害を防止するとともに公共の安全を確保する義務がある。この義務をまっとうするために、通常の施設では見られない種々の安全管理設備が備えられている。

トリチウムモニター設備：設立当初(昭和56年)は元素状トリチウムモニターおよび排水モニターが設置されていたが、現在では元素状トリチウムモニター(実験室用4台、排気用2台)、水蒸気状トリチウムモニター(実験室用1台、排気用1台)および排水モニター(1台)が設置されている。また平成6(1994)年には元素状トリチウムモニターが更新された。

排水設備：管理区域から排出される水はすべて貯留槽に一時貯留し、放射能レベルが基準値以下であることを確認したのち放流している。貯留槽として10トン槽が3基と希釈槽が1基設置されている。

空気調和設備：管理区域内を負圧状態とするために実験室系、測定室系および廊下系の3系統が独立した空気調和設備が設置されている。

トリチウム除去設備：緊急用トリチウム除去設備およびグローブボックス用トリチウム除去設備の2台が設置されている。昭和61(1986)年2月には除去装置の性能を常に維持するため、吸着塔に再生系を付加する整備がなされた。

グローブボックス：高レベル実験室に2台のグローブボックスが設置されている。平成8(1996)年3月の「100Ciトリチウム取扱いシステム」導入に伴いグローブボックス1台が更新された。

貯蔵庫：トリチウム貯蔵庫は現在2台設置されている。そのうち1台は昭和63(1988)年1月に増設されたものである。

これらの設備のほかに自家発電設備(150KVAディーゼル発電機)、可燃性ガス検知設備、入退室管理設備等がある。本センターの安全性に直接関わる主要設備は毎年1回の保守点検によって性能維持が図られている。

(2) 実験設備

平成8(1996)年3月に核融合炉条件に対応する高濃度トリチウム条件を達成できる100Ciトリチウム取り扱いシステムが設置された。本装置の特徴としてはトリチウムのリサイクリング、トリチウムプラズマ照射、各種分光装置での測定があげられる。

他の測定装置としてX線回折装置、蛍光X線分析装置、水素吸蔵合金特性測定装置、表面分析装置、各種放射線測定装置等が設置されている。

第4章 教育および研究活動

第1節 教育活動

昭和55（1980）年4月にトリチウム科学センターが設置され、その後、平成2（1990）年6月に水素同位体機能研究センターに改組、次いで平成11（1999）年4月水素同位体科学研究センターに改組されてから現在に至るまで、「放射線安全教育」と「学部および大学院教育」を二本柱とした積極的な教育活動が行われてきた。

昭和56（1981）年3月に放射線施設が竣工し、実験設備や備品が整備されて実際にトリチウムを用いた実験が始まると同時にトリチウム科学センターは学内の共同利用に供された。これに伴い、以後は、施設内に立ち入る教職員および学生を対象とした教育訓練が法令の定める所に従って、本センター専任教職員および外来講師により行われてきた。なお、「放射線安全教育」は「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」の立法の目的である「放射線障害の防止と公共の安全を確保する」ことを教育の根幹に据えて行われてきた。この教育訓練の対象となる教職員および学生の数は現在に至るまで、年によって多少の変動はあるが、およそ年間60名を上限に推移してきている。さらに、共同利用者である学生に対する教育訓練は上記とは別に1年を通して随時、専任教職員によるマンツーマン指導が行われており、本センターの安全教育体制は富山大学の教育活動の中でもユニークなものとなっている。本センターが受け入れる学生の大半は工学部あるいは理学部に所属しているが、この他に教育学部から受け入れることもある。学内共同利用者数の推移については他の出版物を参照されたい〔1～3〕

放射線安全教育と平行して、学部および大学院における教育への参加も積極的行われてきた。すなわち、「物理化学特論（昭和57年～平成5年）」をはじめとして、「基礎物理化学（平成4年）」、「化学特

別講義（平成4年～平成5年）」および「材料科学（平成6年）」が理学部・化学科の学生を対象として開講されてきた。また平成5年度の4年一貫教育を目指した教育改革とカリキュラム再編成に伴い、理学部全体の学生を対象に「放射線基礎学（平成6年～）」が開講され、学部教育への寄与がますます大きくなり現在に至っている。さらに、教養教育は富山大学の全教官の責任において分担されるべきものであるという認識のもと、平成5年度の教育改革を機に、平成7年度からは本センター教官（教授2名、助教授2名）も教養教育カリキュラムに参加し、自然科学系部会、総合科目部会、あるいは情報処理教育部会のいずれかに所属し活動している。

他方、平成7年度からは本センターの教授および助教授が大学院・理学研究科に所属して大学院教育にも寄与できるようになった。本センターでは「同位体化学」、「機能性材料学」、「核化学」および「固体物理化学」を開講し、同時に化学専攻の枠内で学生を受け入れることができるようになった。平成8年度には本センターの第一期生とも言える4名の大学院学生を受け入れ、大学院教育への第一歩を踏み出した。

第2節 研究活動

旧センターでは、昭和55（1980）年～平成2年度の10年間に約130編の研究論文を公表しており、研究テーマは水素同位体あるいはトリチウムに関連した理工学研究の多岐にわたっている。主な研究テーマはトリチウムの安全閉じ込め、貯蔵 供給 回収、モニターシステム、データベース構築等であった。また、約20件の研究成果を国際会議等で発表した。研究成果の一覧と研究テーマの変遷に関する資料はすでに出版されており、詳細についてはこれらを参照頂きたい〔1～3〕

平成2年度の水素同位体機能研究センターへの転換後は研究領域が水素同位体へと広がり、水素同位体の機能性、材料開発、励起状態のトリチウム研究、および大量トリチウムの安全取り扱いシステムの開発に関し成果をあげている。平成8年度までの研究成果は約60編の論文として公表されている[2]。ま

た、平成3(1991)年～平成10年度にはすでに20件以上の研究成果を国際会議等で発表した。これら研究成果の一覧と研究テーマの変遷についても既刊の出版物に詳述されている[1～3]。

本センターでは昭和56(1981)年以来、毎年1回、研究成果を原著論文として公表するために研究報告

第5章 将来展望

集[7、8]を編集・出版し、内外の研究者に広く配布するとともに、昭和55年～平成2年度では7件、平成3年度から現在に至るまでの間に4件の特許出願を行うなど、研究成果を積極的に公表している。さらに、平成8年度には「核融合炉燃料研究の世界的動向」と題する国際トリチウムワークショップ[4]を主催し、国内外の研究者による20編の研究論文発表を得て当センターの高い研究活動状況を示した。また、日本金属学会の中に「水素機能研究会」を主催し、平成3年～平成7年度の間、毎年1回の研究会を開催し、関連する研究者間の交流に努めた[5]。なお、これら研究会の要旨の一部は会議録として出版されている[5、6]。

昭和55年度のトリチウム科学センター設立以来、本センターは一貫してその特色を生かすことを念頭に教育および研究に積極的に取り組み、成果を上げてきた。現在は、関連部局との連携は言うに及ばず、関連学協会、産・学・官との更なる連携強化、および国際社会との連携を視野に据えた活動を摸索し推進しているところである。

現在、世界が直面している地球環境問題は、今後の急速な社会発展および人口増加の見込まれている中で、益々深刻な事態となることが予測されている。この問題解決の鍵はエネルギーにある。人類の21世紀以降を展望するためには、従来のエネルギー消費形態および供給体制を変革しなければならない。例えば、種々の産業機器および設備等の省エネルギー化を図ると共に個々人のエネルギー消費のライフス

タイルに対する変革が求められる。一方、これまでの化石燃料に大部分を依存したエネルギー供給体制からの脱却も必要不可欠となる。

新しいエネルギー源を考える際に地球環境との調和性を考慮すると、太陽、風力および地熱等の自然エネルギーの効率的利用が最善策と考えられる。しかしこれらのエネルギー源はその密度が低く、地理的偏在性および供給安定性などに問題があり、21世紀に必要とされるすべてのエネルギー需要を支えるのは困難である。従って他のエネルギー源の探索が必要不可欠である。地球上に最も豊富に存在しかつ偏在性のない資源は水である。すなわち、水から生産される水素がエネルギー源として活用できれば、上記の要求に極めて合致するものとなる。水素は貯蔵可能という他のエネルギー源には見られない優れた特長も有している。また水素は通常の化学的な燃焼の他に、同位体[(重水素および三重水素(トリチウム))]まで含めると、次世代の高密度エネルギー源の候補である核融合炉の燃料ともなるものである。

ただし、水素同位体は常温・常圧で気体であり、移動性が高く、かつ酸素との反応性が高い物質であるため、有効に活用するためにはその閉じ込め技術の確立が重要となる。特にトリチウムは放射性同位体であり、極めて高度な安全取り扱い技術を要する。すなわち、水素同位体を利用した新しいエネルギーシステムを構築するためには、その生産をはじめとして、貯蔵、供給および回収技術等の基本的技術およびシステム化技術の確立が必要である。

トリチウムを大量に使用する核融合炉の実現のためには高濃度トリチウムの挙動を解明する必要がある。そのためにはトリチウムの基本的性質および材料との相互作用に関するデータを蓄積し、その学問的体系化を図ることが必要不可欠である。一方、水素エネルギーの実用化においても水素と機能性材料との相互作用に関する知見が重要な鍵となる。すなわち、水素およびトリチウムの安全取り扱いの根幹は同じであり、両者は双方向に密接な関連性を有する。

この双方向性をより確実なものにし、水素同位体による新しいエネルギーシステムの研究開発の速やかな進展を図るためには、三種の水素同位体間での同位体効果およびトリチウムに特有の放射線効果の詳細を解明する必要がある。この観点から見ると、今までわが国には大量かつ高濃度のトリチウム取り扱い技術に関する系統的な研究開発はほとんどなされておらず、従って同位体効果および放射線効果に関する研究にも立ち後れていた。この状況を打破するため、「水素同位体が有する機能性に関する基礎的研究を行うと共に、その機能性を有効且つ安全に利用できる技術としての大量且つ高濃度のトリチウムの取扱い技術等の研究開発を行う」ことを目的に水素同位体機能研究センターが設立された。

設立以来、トリチウムの安全取り扱い技術の確立に対する基礎データの取得と学問的体系化を主目標として研究活動を展開してきた。その結果平成7年度には、これまでに蓄積した安全取り扱い技術を結集した「100Ciトリチウム取扱いシステム」が導入された。今日までに軽水素および重水素を用いて各コンポーネントの基本性能が詳細に調べられ、本システムの安全性および初期性能の確認がなされた。現在、7.4TBq (200Ci) のトリチウムの取り扱い許可を得るために、740GBq (20Ci) 程度のトリチウ

ムを用いて安全性のチェックを主眼とした実験を実施している。本システムの本格的稼働の暁には、同等レベルの三種の水素同位体による水素同位体研究が可能なわが国の大学で唯一の研究施設となる。

この特長を活かし、今後本センターは水素同位体と材料との相互作用における同位体効果、放射線効果、濃度効果および協同効果等に関する系統的なデータの蓄積と学問的体系化をさらに推進し、「核融合炉燃料工学」の確立に寄与する。また、二次エネルギー源としての水素の優れた機能にも注目し、将来の「水素エネルギーシステム」の実現を目指し、その基礎となる新材料の開発および水素同位体に関するデータベースを構築するとともに、新しい学問分野としての「水素同位体科学」の創設に寄与する。

【参考資料】

- [1] 富山大学・水素同位体機能研究センターの現状と将来展望 (平成5年度版) ISSN0919-8059
- [2] 富山大学・水素同位体機能研究センターの現状と将来展望 (平成9年度版) ISSN0919-8059
- [3] 富山大学・水素同位体機能研究センターの現状と将来展望 (平成4年度版)
- [4] International Tritium Workshop on Present Status and Prospect of Tritium-Material Interaction Studies, K.Watanabe and M.Matsuyama, July 18-19, 1996, Kuroda Kohdo, Toyama University, JAPAN
- [5] 日本金属学会・水素機能研究会、平成3 (1991) 年～平成5年度・会議録
- [6] 水素機能研究会報告書「材料と水素との機能的な関わり合い」、日本金属学会・水素機能研究会、平成8年2月
- [7] 富山大学・トリチウム科学センター研究報告、1 (1981) ～ 9 (1989) ISSN0287-1408
- [8] 富山大学・水素同位体機能研究センター研究報告、10 / 11 (1991) ～ 17 (1997) ISSN0916-8486